УДК 338.512:621.002

Н.Ю. ЛАМНАУЕР, к.т.н., ст. викладач, УІПА, Харків

ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗУВАННЯ БРАКУ ПО ПАРАМЕТРУ ЛІНІЙНОГО РОЗМІРУ

В статті розглянуто питання доцільності прогнозування браку по лінійному розміру для восьмому, сьомому, а іноді шостому квалітету точності виготовлення виробів машинобудування, як одного з складових при виборі найбільш економічної технології, що забезпечує необхідну якість.

In the article the question of expedience of prognostication of marriage is considered on a linear size for IT 8, IT 7, and sometimes IT 6 exactnesses of making of wares of machine- building, as one of constituents at the choice of economical technology providing necessary quality.

Ключові слова: якість, собівартість, брак, прогнозування.

Вступ. Міжнародний стандарт ІСО 8402 «Управление качеством и обеспечение качества» версія 1994 року – підкреслює, що всі згадувані поняття про якість мають економічне значення [1]. В ринкових умовах підприємству важливо виробляти якісну продукцію з одночасним зниженням витрат на її виготовлення. Одним з найважливіших показників якості виробів машинобудування – є точність усіх складових частин та виробу в цілому. Тому при виборі найбільш економічної технології виготовлення виробів актуальною стає задача прогнозування браку з точності, тому що брак відноситься на собівартість продукції, що в свою чергу підвищує собівартість якісного виробу партії. Розглянемо один з цих параметрів точності – лінійний розмір.

Постановка задачі. У теперішній час існує багато технологій виготовлення однієї ж самої деталі, але при виборі технології не враховується величина браку по точності. При цьому вартість виготовлення партії деталей повинна включати можливі втрати від можливого браку при даній технології. Тому, що ймовірностні методи дозволяють оцінити знаходження розміру у границях допуску, то застосуємо ці методи для оцінки браку. Професором Маталіним А. А. [2] було встановлено, що розсіяння дійсних розмірів деталей після механічної обробки підпорядковується певним законам, які залежать від точності (квалітету) їхнього виготовлення. Це пов'язано з кількістю та ступенем впливу різних факторів для різних етапів виготовлення деталі. Сучасні виробництва машинобудування в основному виготовляють деталі по восьмому, сьомому, а іноді шостому квалітету точності, а, як відомо при цих квалітетах розсіювання розмірів деталей підпорядковується закону Симпсона [2]. Існуючі оцінки параметрів розподілу Симпсона не дозволяють по невеликій кількості випробувань оцінити достатньо точно величину браку. Тому приділимо увагу розгляду питання про оцінки параметрів розподілу Симпсона.

Методологія. Для вирішення задачі пропонується використання статистичних методів та метод порівняння , що враховує прогнозні оцінки.

Результати дослідження.

1.Оптимальні лінійні оцінки верхньої та нижньої межі лінійних розмірів виробів. Будь-яка модель не є робочою до тих пір, доки для неї не будуть знайдені хороші оцінки її параметрів. В основному використовуються в машинобудуванні [2, 3, 4] для розподілу Симпсона з функцією щільності

$$f(x)=\begin{cases} 0, & x\le a \\ \dfrac{4(x-a)}{(b-a)^2}, & a<x\le\dfrac{a+b}{2} \\ \dfrac{4(b-x)}{(b-a)^2}, & \dfrac{a+b}{2}<x\le b \\ 0, & x\ge b \end{cases} \qquad (1)$$

оцінки параметрів a и b, що знайдені за методом моментів [5]

$$\tilde{a}=\bar{x}-\sqrt{6}s\,, \qquad \tilde{b}=\bar{x}+\sqrt{6}s\,, \qquad (2)$$

де $\bar{x}$ - вибіркове середнє значення розміру, а s - вибіркове середньоквадратичне відхилення.

Тому, що вибіркове середньоквадратичне відхилення є зміщеною оцінкою теоретичного середньоквадратичне відхилення, то оцінки (2) - зміщені. Зауважимо, що ця величина зміщення для розподілу Симпсона не знайдена як для нормального розподілу [6]. Проведений статистичний аналіз з використанням методу Монте-Карло підтвердив, що при об'ємі вибірки n=10, оцінки (2) мають велике зміщення. Тому ці оцінки (2) мало придатні для вибірок особливо малого об'єму.

Відомий метод отримання лінійних оптимальних оцінок належить Ллойду [7]. Він використовує порядкові статистики. Отримані оцінки цим методом є незміщеними та мають мінімальну дисперсію у класі лінійних оцінок та для них можуть бути знайдені похибки оцінки в залежності від об'єму вибірки n. Такі оцінки розподілу (1) були знайдені для теоретичного розмаху $(b-a)$ в [8]. Нам для основної задачі необхідні оцінки параметрів a и b розподілу (1), тому що існує брак, який може бути таким, що виправляється чи не виправляється. Так при розмаху $x>T_b$ – брак, що виправляється, а при $x<T_n$ - не виправляється, де T_b - верхній

допуск на виготовлення деталі, а T_n - нижній. Тому вартість виробу з урахуванням виду браку може відрізнятися.

Знайдемо оцінки цих параметрів за методом Ллойда. Зважаючи на те, що даний розподіл (1) є симетричним відносно точки $(a+b)/2$, то оцінки параметрів a и b можуть бути знайдені по формулам

$$a^* = \sum_{i=1}^{n} a_i \cdot x_{(i)}\ , \tag{3}$$

$$b^* = \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot x_{(i)}\ , \tag{4}$$

де $x_{(i)}$ - i-а порядкова статистика, а вагомі коефіцієнти a_i и b_i є елементами матриць $\|a_{1:n}\| = (a_1\ a_2 ... a_n)$ и $\|b_{1:n}\| = (b_1\ b_2 ... b_n)$, що визначаються за формулами

$$\|a_{1:n}\| = \frac{I'B^{-1}}{I'B^{-1}I} - \frac{A'B^{-1}}{2(A'B^{-1}A)}\ , \qquad \|b_{1:n}\| = \frac{I'B^{-1}}{I'B^{-1}I} + \frac{A'B^{-1}}{2(A'B^{-1}A)}\,. \tag{5}$$

Матриця стовбець I – містить тільки одиниці. Елементами матриці стовбцю A служать нормовані математичні очікування порядкових статистик, що визначаються за формулою

$$e_{i:n} = \frac{n!}{(i-1)!(n-i)!} \int_{-\infty}^{\infty} x\left[F\left(x\right)\right]^{i-1} \cdot \left[1 - F\left(x\right)\right]^{n-i} \cdot f(x)dx\,,$$

де $F(x)$ - функція розподілу ($F(x) = \int_{-\infty}^{x} f(x)dx$).

Звідки маємо

$$\mathrm{I} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix},\ I' = (1,\, 1, \dots,\, 1), \qquad A = \begin{pmatrix} e_{1:n} \\ e_{2:n} \\ \dots \\ e_{n:n} \end{pmatrix},\ A' = \left(e_{1:n}, e_{2:n}, \dots, e_{n:n}\right).$$

Елементами матриці B є коваріації V_{ij} між i-ою та j-ою порядковими статистиками, обчислені при умові, що a =0 и b =1.

$$B = \begin{pmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{i1} & V_{i2} & \dots & V_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nn} \end{pmatrix},$$

$$V_{ij}=\int\limits_{-\infty}^{\infty}\left(y-e_{j:n}\right)dy\int\limits_{-\infty}^{y}\left(x-e_{i:n}\right)f_{ij}(x,y)dx,$$

де спільна щільність розподілу

$$f_{ij}(x,y)=\frac{n!}{(i-1)!(j-i-1)!(n-j)!}F^{i-1}(x)f(x)[F(y)-F(x)]^{j-i-1}f(y)[1-F(y)]^{n-j}$$

Була створена програма в MAPLE 10, яка дозволила знайти елементи матриць (5) при об'ємах вибірки n от 2 до 30. Обчислення вагових коефіцієнтів при об'ємах вибірки n>30 потребує великих витрат часу. Дані вагові коефіцієнти при об'ємі вибірки n =25 подані у вигляді елементів матриць

$$\|a_{1:25}\|=(0,698156\quad 0,11636\quad 0,077578\quad 0,058215\quad 0,046718\quad 0,039464$$
$$0,035361\quad 0,034503\quad 0,037347\quad 0,043545\quad 0,050698\quad 0,05434\quad 0,050385$$
$$0,038561\quad 0,022943\quad 0,008647\quad -0,001564\quad -0,007791\quad -0,011552$$
$$-0,014421\quad -0,017574\quad -0,022028\quad -0,029381\quad -0,044073\quad -0,264437)$$
$$\|b_{1:25}\|=(-0,264437\quad -0,044073\quad -0,029381\quad -0,022028\quad -0,017574$$
$$-0,014421\quad -0,011552\quad -0,007791\quad -0,001564\quad 0,008647\quad 0,022943$$
$$0,038561\quad 0,050385\quad 0,05434\quad 0,050698\quad 0,043545\quad 0,037347\quad 0,034503$$
$$0,035361\quad 0,039464\quad 0,046718\quad 0,058215\quad 0,077578\quad 0,11636\quad 0,698156).$$

Отримані оптимальні лінійні оцінки параметрів розподілу Симпсона дозволять по невеликій кількості випробувань достатньо точно визначати ймовірність браку виробу, що виготовляється по восьмому, сьомому, а іноді шостому квалітету точності лінійних розмірів, який може бути виправленим чи не виправленим.

2. Вибір технологій виготовлення виробів з урахуванням витрат від браку по лінійному розміру. Вибір технології виготовлення виробів по сьомому квалітету точності з урахуванням економічної доцільності повинен здійснюватися при урахуванні браку, що виправляється, чи не виправляється. Цей вибір завжди здійснюється по граничній кількості експериментів, а висновки ми хочемо зробити на достатньо велику кількість вироблених деталей. Тому застосовується ймовірносний підхід, що враховує можливу величину браку, який може бути як той, що виправляється, і той, що не виправляється. Вихід розміру виробу за верхній допуск T_b приводе до браку, що може бути виправлено, де втрати складають на один виріб деяку величину C_1, а вихід за нижній допуск T_n приводе до витрат C_2 і цей брак в основному не може бути виправлено. Очевидно, що $C_2>C_1$. Тому нерівність цих втрат та велика кількість виробів, що випускаються, потребує прогнозувати верхню - b і нижню - a - межу величини лінійного розміру виробу при восьмому, сьомому, а іноді шостому квалітеті точності.

Якщо після проведення експериментів на точність виготовлення виробів об'ємом n при різних технологіях знайдені оцінки параметрів з (3) и (4) та при цьому інтервал $(b-a)$ повністю міститься в інтервалі (T_b-T_n), то вибір технології виготовлення виробів, що забезпечує точність лінійного розміру може бути здійснено по собівартості виробу. Якщо ж цього не відбувається, то необхідно знайти долю браку, що може бути виправлено, та ту, що не виправляється.

Припустимо, що доля браку, що виправляється, для першої технології дорівнює p_{11}, а та, що не виправляється p_{12}, тоді собівартість виготовлення одного виробу дорівнює:

$$Ц_1 = p_{11}C_1 + p_{12}C_2 + C_3, \quad (6)$$

де C_3 собівартість одного не бракованого виробу.

Аналогічно, якщо для другої технології виготовлення доля браку, що виправляється p_{21}, а та, що не виправляється - p_{22} собівартість одного не бракованого виробу C_4, то собівартість виготовлення одного виробу

$$Ц_2 = p_{21}C_1 + p_{22}C_2 + C_4. \quad (7)$$

Очевидно, що з нерівності $C_3>C_4$ не випливає нерівність $Ц_1 > Ц_2$. Тому обов'язково потрібно враховувати долю того браку, який може виникнути у процесі виготовлення виробів.

Наведемо приклад, який виник при виготовлені вала при двох різних технологіях. Вал діаметром 55 мм має обробку - обточування тонке з 7 квалітетом допуску розміру. Допуск $Td = d_{\max} - d_{min}$ =30 мкм. Для цього вала були задані граничні розміри, верхній -0,030, нижній -0,060. Звідки $d_{\max}$ =55+(-0,03)=54,970 мм. $d_{\min}$ =55+(-0,06)=54,940 мм.

Зроблені виміри в об'ємі 25 валів після обробки по кожній технології дали наступні варіаційні ряди, що представлені в таблицях 1 и 2.

Таблиця 1. Упорядковані значення діаметра вала, виготовленого по першій технології

$x_{(1)}$	$x_{(2)}$	$x_{(3)}$	$x_{(4)}$	$x_{(5)}$	$x_{(6)}$	$x_{(7)}$	$x_{(8)}$	$x_{(9)}$
54,940	54,943	54,945	54,946	54,946	54,948	54,949	54,950	54,951
$x_{(10)}$	$x_{(11)}$	$x_{(12)}$	$x_{(13)}$	$x_{(14)}$	$x_{(15)}$	$x_{(16)}$	$x_{(17)}$	$x_{(18)}$
54,951	54,952	54,953	54,953	54,955	54,956	54,958	54,959	54,960
$x_{(19)}$	$x_{(20)}$	$x_{(21)}$	$x_{(22)}$	$x_{(23)}$	$x_{(24)}$	$x_{(25)}$		
54,960	54,966	54,966	54,966	54,967	54,968	54,970		

Таблиця 2. Упорядковані значення діаметра вала, виготовленого по другій технології

$x_{(1)}$	$x_{(2)}$	$x_{(3)}$	$x_{(4)}$	$x_{(5)}$	$x_{(6)}$	$x_{(7)}$	$x_{(8)}$	$x_{(9)}$
54,940	54,943	54,945	54,946	54,946	54,948	54,949	54,950	54,951
$x_{(10)}$	$x_{(11)}$	$x_{(12)}$	$x_{(13)}$	$x_{(14)}$	$x_{(15)}$	$x_{(16)}$	$x_{(17)}$	$x_{(18)}$
54,951	54,952	54,953	54,953	54,955	54,956	54,958	54,959	54,960
$x_{(19)}$	$x_{(20)}$	$x_{(21)}$	$x_{(22)}$	$x_{(23)}$	$x_{(24)}$	$x_{(25)}$		
54,960	54,966	54,966	54,966	54,967	54,968	54,970		

В таблиці 1 дано отримані розміри діаметра по першої технології виготовлення вала, а у таблиці 2 - по другої. З даних таблиць видно, що всі розміри діаметру валу знаходяться в заданих границях допуску. Тому зробили висновок, з огляду на те, що собівартість виготовлення вала по першій технології менше, ніж по другої (C_3<C_4), доцільно обрати першу технологію. Покажемо, що цей висновок є похибкою. Використавши формули (3), (4), результати таблиці 1 та знайдені вагові коефіцієнти матриць $\|a_{1:25}\|$ и $\|b_{1:25}\|$ маємо, $a^* = 54,93452$ и $b^* = 54,97526$. Аналогічно знаходимо оптимальні лінійні оцінки параметрів моделі (1) для другої технології виготовлення вала, використовуючи результати таблиці 2. Одержимо $a^* = 54,9405$ и $b^* = 54,97622$. Знайдемо ймовірності браку, що є не виправленим для першої технології, для другої, як бачимо, вона дорівнює нулю. Оцінку ймовірності браку, що не виправляється, для i – ої технології знайдемо за формулою

$$p_{i2} = \frac{2(d_{\min} - a^*)^2}{(b^* - a^*)^2},$$

де i – номер технології.

Звідки маємо для першої технології p_{12}=0,036126.

Оцінка ймовірності для моделі (1) браку, що може бути виправлено, для i – ої технології знаходиться за формулою

$$p_{i1} = \frac{2(b^* - d_{\max})^2}{(b^* - a^*)^2}.$$

Для першої технології p_{11}=0,033393, а для другої p_{21}=0,060574. Тоді для першої технології собівартість одного вала з (6) має вигляд:

$$Ц_1 = 0,033393C_1 + 0,036126C_2 + C_3,$$

А для другої з (7) - $Ц_2 = 0,060574C_1 + C_4$.

Якщо положити, що C_2=C_3=10 гр., C_1=1гр., а C_4=10,2 гр., то отримаємо $Ц_1$=10,39 гр., а $Ц_2$=10,26гр., тобто друга технологія виготовлення одного вала має собівартість меншу, ніж перша. З доведеного прикладу слідує, що сучасні методи економіки машинобудування обов’язково повинні прогнозувати і враховувати величину браку, який є виправленим та не виправленим, що виникає в процесі промислового виробництва.

Висновки.

1. Прогнозування браку з точності виготовлення виробів є важливою складовою при виборі економічної технології.

2. Вибір економічної технології виготовлення повинен робитися з урахуванням оцінки величини браку, що може бути виправним чи не виправним.

3. Для виробів, що виготовляються по восьмому, сьомому та в деяких випадках шостому квалітету точності, знайдені оптимальні лінійні оцінки нижнього і верхнього порогів лінійних розмірів.

4. Використання оптимальних лінійних оцінок нижнього и верхнього порогів розміру дозволило дати близьку до реальної оцінку ймовірності браку, що може бути виправленим та не виправленим (по невеликій кількості випробувань (n <30)).

5. Отримані результати можуть бути застосовані для будь-яких виробів, що виготовляються по восьмому, сьомому квалітету точності, де для її оцінки використовується лінійний розмір.

Список літератури: **1.***Окрепилов В. В.* Управление качеством: Учебник для вузов / 2 –е изд.,доп. и перераб. – М.: ОАО Изд-во «Экономика», 1998. – 639 с. **2.** *Маталин А. А.* Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985, - 496с. **3.** *Длин Л. М.* Математическая статистика в технике. М.: «Советская наука»,- 1958,-465 с. **4.** *Ковшов А. Н.* Технология машиностроения. М.: Высшая школа, 1981,-334 с. **5.** *Пугачёв В. С.* Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 496с. **6.** *Румшинский Л. З.* Элементы теории вероятностей. М.: «Наука»,-1970, -254 с. **7.** *Дейвид Г.* Порядковые статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979.- 336с. **8.** *Трищ Р. М., Яновский Ю.А., Ламнауэр Н. Ю.* Применение оптимальных линейных оценок для оценки точности механической обработки // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Харків: НТУ «ХПІ» - 28' 2004 – С. 157 -164.

Подано до редакції 25.05.2009

УДК 33

Ю.С. ШЕХОВЦОВА, магістр, НТУ «НТУ»

КРИЗА І АНТИКРИЗОВІ ЗАХОДИ В ОРГАНІЗАЦІЇ

В статті було визначено основні риси реакції держави на кризу в Україні та методи подолання фінансової кризи на підприємстві.

Of the article the basic lines of reaction of the state were certain on a crisis in Ukraine and methods of overcoming of financial crisis on an enterprise.

Ключові слова: фінансова криза, антикризові заходи, короткострокові заходи, довгострокові заходи.